



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ Patentschrift ⑩ DE 198 01 338 C 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
F 15 B 15/22
F 15 B 15/28
// F15B 11/08

②1 Aktenzeichen: 198 01 338.8-14
②2 Anmeldetag: 16. 1. 98
④3 Offenlegungstag: -
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 2. 6. 99

Lorenz · Seidler · Gosse!
Rechts- u. Patentanwaltskanzlei

08. Okt. 2003

Frist.....

DE 198 01 338 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 **Patentinhaber:**
FESTO AG & Co, 73734 Esslingen, DE

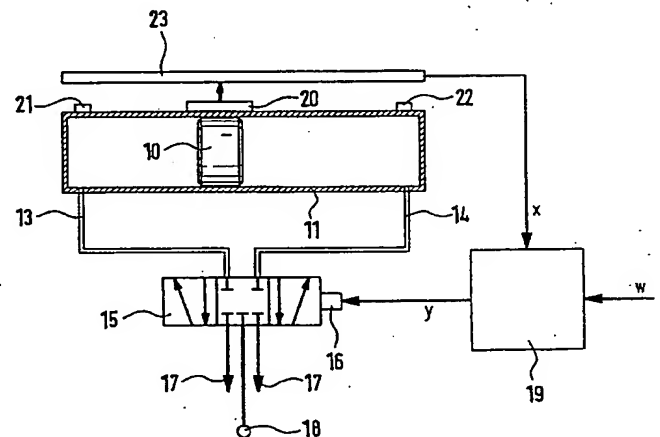
⑦4 **Vertreter:**
Patentanwälte Magenbauer, Reimold, Vetter &
Abel, 73728 Esslingen

⑦2 **Erfinder:**
Stoll, Kurt, Dipl.-Ing. Dr., 73732 Esslingen, DE;
Arbter, Jürgen, 71334 Waiblingen, DE; Gommel,
Gerhard, 73274 Notzingen, DE; Schwenzer,
Reinhard, Dr., 73728 Esslingen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 42 01 464 A1
BACKE, W.: Servohydraulik, 5. Aufl.,
1986, S. 183, 228, 251-254;

⑤4 Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens an wenigstens einem Festanschlag, insbesondere zur Endlagenpositionierung

⑤7 Es wird eine Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder (11) verschiebbaren Kolbens (10) an wenigstens einem Festanschlag vorgeschlagen, insbesondere zur Endlagenpositionierung. Diese Vorrichtung besitzt an einer elektronischen Regeleinrichtung (19) angeschlossene Sensormittel (23) zur Erfassung der Kolbenposition als Istwert-Signal. Eine durch die Regeleinrichtung (19) regelbare Ventilanordnung (15) dient zur geregelten Abbremsung des Kolbens (10) vor Erreichen der jeweiligen Soll-Position durch Beeinflussung des ausströmseitigen Gegendrucks im Zylinder. Zur Bildung der Stellgröße (y) für das Proportionalventil (15) wird die Positionsregelung durch einen von der jeweiligen Geschwindigkeit (x) und/oder Beschleunigung (ẍ) des Kolbens (20) abhängigen Wert modifiziert. Durch diese Anordnung wird lediglich durch Erfassung der Kolbenposition als Istwert-Signal eine sehr exakte Positionsregelung möglich. Insbesondere kann der Kolben in den Endlagenpositionen derart gedämpft abgebremst werden, daß ein zusätzliches Dämpfungssystem nicht mehr erforderlich ist.



DE 198 01 338 C 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens an wenigstens einem Festanschlag, insbesondere zur Endlagenpositionierung, mit an einer elektronischen Regelung angeschlossenen Sensormitteln zur Erfassung der Kolbenposition als Istwert-Signal und mit einer durch die Regeleinrichtung regelbaren Ventilanordnung zur geregelten Abbremsung des Kolbens vor Erreichen der jeweiligen Soll-Position durch Beeinflussung des ausströmseitigen Gegendrucks im Zylinder.

Bei einer aus der DE 42 01 464 C2 bekannten Vorrichtung dieser Gattung wird positionsabhängig ein Sollwertverlauf für die Geschwindigkeit vorgegeben, um die gewünschte Abbremsung vor der Soll-Position zu erreichen. Es hat sich jedoch gezeigt, daß eine solche Abbremsung mit der gewünschten Genauigkeit und bei vernünftigem Regelaufwand nur sehr schwierig durchführbar ist.

Im Fachbuch von W. Backe, Servohydraulik, 5. Auflage 1986, Seiten 183, 228, 251-254, ist das Verhalten eines lageregelten Antriebes mit kombinierter Geschwindigkeits-/Beschleunigungsrückführung beschrieben. Zur Bildung der Stellgröße für das Proportionalventil ist eine Positionsregelung vorgesehen, die durch einen von der jeweiligen Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung des Kolbens abhängigen Wert modifiziert ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung mit einer verbesserten Abbremsregelung aufzuzeigen, die relativ einfach und automatisierbar bei großer Genauigkeit realisiert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die erfindungsgemäße Lösung besteht somit aus einer einfachen, auf ein Proportionalventil einwirkenden Positionsregelung, wobei die beiden Endpositionen in einem Lernmodus automatisch erfaßt werden können. Dabei werden die beiden Endpositionen vorzugsweise sequenziell angefahren und die erfaßten Endpositionswerte gespeichert. Durch diese automatische Erfassung wird eine sehr einfache Realisierung einer sehr exakten Abbremsregelung möglich, wobei geschwindigkeits- und beschleunigungsabhängige Komponenten als Korrekturgrößen bzw. additive Größen hinzugefügt werden, um das angestrebte optimale Abbremsverhalten zu erzielen. Der elektronische Regler ist somit als dreischleifiger Zustandsregler ausgebildet. Durch den Wegfall mechanischer, pneumatischer oder hydraulischer Dämpfungseinrichtungen können höhere Taktzeiten erreicht werden.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Anspruch 1 angegebenen Vorrichtung möglich.

Die Positions-Regelabweichung wird mit dem von der Geschwindigkeit abhängigen Wert und dem von der Beschleunigung abhängigen Wert vorzugsweise additiv oder subtraktiv verknüpft. Dabei braucht die Geschwindigkeit und die Beschleunigung nicht extra erfaßt zu werden, sondern der von der Geschwindigkeit abhängige Wert wird durch Differentialbildung des Istwerts des Positionssignals und der von der Beschleunigung abhängige Wert durch Differentialbildung des von der Geschwindigkeit abhängigen Werts gebildet, wozu nur einfache differentialbildende Glieder erforderlich sind, oder aber die Differentialbildung erfolgt durch einen ohnehin vorhandenen Mikrorechner.

Der von der Geschwindigkeit abhängige Wert und/oder der von der Beschleunigung abhängige Wert und/oder der Wert der modifizierten Regelabweichung wird in vorteilhafter Weise multiplikativ mit einem Reglerverstärkungsfaktor

verknüpft. Die Einstellung der Reglerverstärkungsfaktoren kann dabei beispielsweise durch Einstellglieder anhand von Tabellen erfolgen, wobei Einflußgrößen wie sich bewegendes Massen, Länge der Bewegungsbahn, Art des Zylinders od. dgl. berücksichtigt werden können.

Der Wert der modifizierten Regelabweichung kann noch in vorteilhafter Weise mit einem Offsetwert additiv oder subtraktiv verknüpft werden, so daß auch nachträglich sich ergebende Einflußgrößen, Alterungserscheinungen od. dgl. in einfacher Weise berücksichtigt werden können.

Als Ventilanordnung eignet sich vor allem ein Proportionalventil, insbesondere ein 5/3-Proportionalventil. Eine solche Ventilanordnung steht zweckmäßigerweise mit den beiden Endbereichen des Zylinders in Wirkverbindung, insbesondere über entsprechende Druckleitungen.

Zur Beeinflussung des einströmseitigen Antriebsdrucks und/oder des ausströmseitigen Gegendrucks durch die Ventilanordnung wird in vorteilhafter Weise der ein- bzw. ausströmseitige Querschnitt verändert und/oder eine Verbindung mit einer Gegendruckquelle geschaffen.

Zur automatischen Erfassung der beiden Endpositionen weist die elektronische Regeleinrichtung in vorteilhafter Weise einen ersten Lernmodus zur Erfassung dieser Endpositionen auf. Dabei sind erste Steuermittel zum sequenziellen Anfahren der beiden Endpositionen und Speicherung der in den entsprechenden Anschlagpositionen erfaßten Endpositionswerte vorgesehen.

Zusätzlich kann die elektronische Regeleinrichtung noch einen zweiten Lernmodus zur Einstellung eines optimalen Abbremsverhaltens aufweisen. Durch diese Adaption wird das Fahrverhalten optimiert, wobei die Einstellung zweckmäßigerweise durch entsprechende Vorgabe der Reglerverstärkungsfaktoren erfolgt, die automatisch eingestellt werden. Die Einstellung kann alternativ oder zusätzlich auch über eine automatische Vorgabe des Offsetwerts erfolgen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung mit einem doppeltwirkenden Zylinder und einem 5/3-Proportionalventil und

Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Erläuterung der Wirkungsweise der Positionierregelung.

Bei dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel ist ein Kolben 10 in einem doppeltwirkenden Zylinder 11 verschiebbar angeordnet. Von beiden Enden des Zylinders 11 aus verlaufen Druckleitungen 13, 14 zu einem 5/3-Proportionalventil 15, das zur Einstellung eines einem analogen elektrischen Eingangssignal entsprechenden Öffnungsquerschnitts am Ventilausgang ein entsprechendes elektrisches Betätigungsglied 16 besitzt. In der dargestellten Neutralstellung sind die beiden Druckleitungen 13, 14 mit Entlüftungsleitungen 17 verbunden. Eine pneumatische oder hydraulische Druckquelle 18 ist in dieser Neutralstellung vom Zylinder 11 getrennt.

Die Ventilstellung des Ventils wird mit Hilfe einer elektronischen Regeleinrichtung 19 eingestellt bzw. geregelt. In der einen Stellrichtung erfolgt eine Verschiebung des Kolbens durch Druckbeaufschlagung der einen Kolben Seite in die eine Richtung und in der anderen Stellrichtung durch Druckbeaufschlagung der anderen Kolben Seite in die andere Richtung. Ein derartiges Proportionalventil wird beispielsweise von der Anmelderin unter der Bezeichnung MPYE-5-1/8 vertrieben.

Der Kolben 10 treibt einen Schlitten 20 an, der sich an der Außenseite des Zylinders 11 zwischen zwei Festanschlägen 21, 22 bewegt, deren Position auch verändert werden kann. Der Antrieb des Schlittens 20 durch den Kolben 10 erfolgt

entweder durch magnetische Kopplung, durch eine mechanische Direktverbindung durch den Schlitz des als Schlitzzylinder ausgebildeten Zylinders 11 oder über eine nicht dargestellte Kolbenstange, die außen mit dem Schlitten 20 verbunden ist.

Eine Positionssensorstrecke 23 zur Erfassung der Ist-Position des Schlittens 20 bzw. des Kolbens 10 ist beispielsweise als Linearpotentiometer ausgebildet und erstreckt sich im wesentlichen entlang des Zylinders 11. Sollen nur die beiden Endpositionen des Kolbens 10 geregelt bzw. gedämpft angefahren werden, so kann sich diese Positionssensorstrecke 23 auch nur entlang der beiden Endbereiche erstrecken. Das der Ist-Position des Schlittens 20 entsprechende Signal wird als Istwert-Signal x der elektronischen Regeleinrichtung 19 zugeführt. Weiterhin wird der elektronischen Regeleinrichtung 19 ein der Soll-Position des Kolbens 10 entsprechendes Sollwert-Signal w zugeführt oder in dieser gebildet. Aus diesen Signalen wird dann in der elektronischen Regeleinrichtung 19 die Stellgröße y zur Einstellung des Proportionalventils 15 gebildet.

Diese Bildung der Stellgröße y aus dem Istwert-Signal x und dem Sollwert-Signal w wird anhand von Fig. 2 näher erläutert. Die grundlegende Positionsregelung besteht darin, daß das Istwert-Signal x in einem Summenpunkt 24 mit dem Sollwert-Signal w verglichen wird. Die Differenz wird einem zweiten Summenpunkt 25 zugeführt, wo noch eine geschwindigkeits- und beschleunigungsabhängige Korrektur durchgeführt wird. Diese besteht darin, daß aus dem Istwert-Signal x durch eine erste Differenzierstufe 26 ein von der Kolbengeschwindigkeit abhängiges Signal \dot{x} gebildet wird. Aus diesem wird in einer zweiten Differenzierstufe 27 ein von der Beschleunigung des Kolbens abhängiges Signal \ddot{x} gebildet. Das geschwindigkeitsabhängige Signal \dot{x} wird in einer ersten Multiplizierstufe 28 mit einem Reglerverstärkungsfaktor K_1 beaufschlagt, und das beschleunigungsabhängige Signal \ddot{x} in einer zweiten Multiplizierstufe 29 mit einem zweiten Reglerverstärkungsfaktor K_2 . Im zweiten Summenpunkt 25 werden nun die mit diesen Reglerverstärkungsfaktoren K_1 und K_2 beaufschlagten Größen subtraktiv berücksichtigt.

Das Ausgangssignal des zweiten Summenpunkts 25 wird mit einem weiteren Reglerverstärkungsfaktor K_0 in einer dritten Multiplizierstufe 30 beaufschlagt. In einem nachgeschalteten dritten Summenpunkt 31 wird noch ein Offset-Signal OF als Korrekturgröße berücksichtigt, um schließlich die Stellgröße Y für das Proportionalventil 15 zu erhalten.

Durch die beschriebene Regeleinrichtung wird die jeweils vorgegebene Soll-Position so gedämpft angefahren, daß durch entsprechende Abbremsung der Kolben exakt in der Soll-Position zum Stillstand kommt, ohne daß Überschwingsvorgänge bzw. harte Anschläge in den Endpositionen vorkommen. Dies wird durch die geschwindigkeits- und beschleunigungsabhängige Beeinflussung der Regelung erzielt.

Zur Abbremsung des sehr schnell auf die gewünschte Verstellgeschwindigkeit gebrachten Kolbens wird vor Erreichen der Soll-Position durch entsprechende Betätigung des Proportionalventils 15 zunächst der auslaßseitige Öffnungsquerschnitt immer stärker reduziert, wobei zur noch stärkeren Abbremsung sogar durch Umschaltung des Proportionalventils 15 auch ein Gegendruck durch Beaufschlagung mit der Druckquelle 18 aufgebaut werden kann. Diese beiden Maßnahmen können alternativ oder sich gegenseitig ergänzend eingesetzt werden, wobei auch eine gepulste Betätigung des Proportionalventils 15 möglich ist.

Die Positionsregelung kann sich auf die beiden Endanschläge beziehen oder auch sämtliche Zwischenpositionen umfassen. Erreicht der Kolben eine Endposition, so wird er

durch Druckbeaufschlagung in dieser Endposition fixiert. Zur Fixierung von Zwischenpositionen werden beide Kolbenenden mit einem Druck beaufschlagt, und/oder es erfolgt eine mechanische Fixierung.

In der elektronischen Regeleinrichtung 19 ist ein Lernmodus enthalten, der beispielsweise bei der ersten Inbetriebnahme automatisch durchgeführt wird. Zunächst werden in einem statischen Lernmodus die beiden Endpositionen erfaßt. Hierzu wird der Kolben 10 nacheinander sehr langsam in die beiden Endpositionen gefahren, bis der Schlitten 20 in Anlage mit dem jeweiligen Festanschlag 21 bzw. 22 gelangt. Wenigstens ein Festanschlag 21 bzw. 22 kann auch in einer von einer Endposition abweichenden Position angeordnet sein. Die jeweilige Position wird dann in der elektronischen Regeleinrichtung 19 als Sollposition w gespeichert. Nach dem Speichern der beiden Endlagenpositionen erfolgt dann ein dynamischer Lernmodus (Adaption). Hierbei wird das Fahrverhalten optimiert. Der Kolben 10 wird dabei geregelt jeweils in eine oder in beide Endlagenpositionen gefahren und vor Erreichen dieser Endlagenpositionen in einer ersten Grobeinstellung abgebremst, in der die Reglerverstärkungsfaktoren zunächst eine Grundeinstellung besitzen. Bei zu frühem oder zu spätem Abbremsen werden dann die Reglerverstärkungsfaktoren und das Offset-Signal automatisch adaptiert, bis ein optimales Abbremsverhalten erreicht ist.

Die Reglerverstärkungsfaktoren können auch anhand von Tabellen beispielsweise über eine DIL-Schaltercodierung eingestellt bzw. voreingestellt werden. Zum Auslesen der Tabellenwerte für die drei Reglerverstärkungsfaktoren können beispielsweise die Masse von Kolben und Schlitten, der Zylindertyp, die Zylinderlänge und der Zylinderquerschnitt als Parameter berücksichtigt werden.

Die Realisierung des in Fig. 2 dargestellten Reglerkonzepts erfolgt beispielsweise durch einen Mikrocontroller.

Auch im laufenden Betrieb kann eine automatische Adaption beibehalten werden, das heißt, Änderungen von Gleiteigenschaften, Massen, Alterungserscheinungen u. dgl. können laufend adaptiert werden, um beispielsweise durch Veränderung des Offsetwerts OF kompensiert zu werden. Auch im primären Lernmodus kann der Offsetwert eingestellt bzw. verändert werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur gedämpften Positionierung eines in einem Zylinder verschiebbaren Kolbens an wenigstens einem Festanschlag, insbesondere zur Endlagenpositionierung, mit einer elektronischen Regeleinrichtung angeschlossenen Sensormitteln zur Erfassung der Kolbenposition als Istwert-Signal und mit einer durch die Regeleinrichtung regelbaren Ventilanordnung zur geregelten Abbremsung des Kolbens vor Erreichen der jeweiligen Soll-Position durch Beeinflussung des ausströmseitigen Gegendrucks im Zylinder, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung der Stellgröße (y) für das Proportionalventil (15) eine Positionsregelung vorgesehen ist, die durch einen von der jeweiligen Geschwindigkeit (\dot{x}) und/oder Beschleunigung (\ddot{x}) des Kolbens (10) abhängigen Wert modifiziert ist, daß die elektronische Regeleinrichtung (19) einen ersten Lernmodus zur Erfassung der beiden durch Festanschläge (21, 22) vorgegebenen Endpositionen aufweist und daß erste Steuermittel zum sequenziellen Anfahren der beiden Endpositionen und Speicherung der in den entsprechenden Anschlagpositionen erfaßten Endpositionswerte vorgesehen sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Positions-Regelabweichung mit dem

von der Geschwindigkeit abhängigen Wert und dem von der Beschleunigung abhängigen Wert additiv oder subtraktiv verknüpft ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der von der Geschwindigkeit abhängige Wert (\dot{x}) durch Differentialbildung des Istwerts des Positionssignals (x) und der von der Beschleunigung abhängige Wert (\ddot{x}) durch Differentialbildung des von der Geschwindigkeit abhängigen Werts (\dot{x}) gebildet ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der von der Geschwindigkeit abhängige Wert (\dot{x}) und/oder der von der Beschleunigung abhängige Wert (\ddot{x}) und/oder der Wert der modifizierten Regelabweichung multiplikativ mit einem Reglerverstärkungsfaktor (K_1 , K_2 , K_0) verknüpft ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Reglerverstärkungsfaktoren (K_1 , K_2 , K_0) durch Einstellglieder anhand von Tabellen einstellbar sind.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert der modifizierten Regelabweichung mit einem Offsetwert (OF) additiv oder subtraktiv verknüpft ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Beeinflussung des ausströmseitigen Gegendrucks durch die Ventilanordnung (15) der ausströmseitige Querschnitt verändert und/oder eine Verbindung mit einer Gegendruckquelle (18) geschaffen wird.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Endpositionen durch Veränderung der Position der Festanschläge (21, 22) einstellbar sind.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Regeleinrichtung (19) einen zweiten Lernmodus zur Einstellung eines optimalen Abbremsverhaltens aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung durch entsprechende Vorgabe der Reglerverstärkungsfaktoren (K_1 , K_2 , K_0) erfolgt.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Regeleinrichtung (19) einen dreischleifigen Zustandsregler aufweist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensormittel zur Erfassung der Kolbenposition als Linearpotentiometer ausgebildet sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

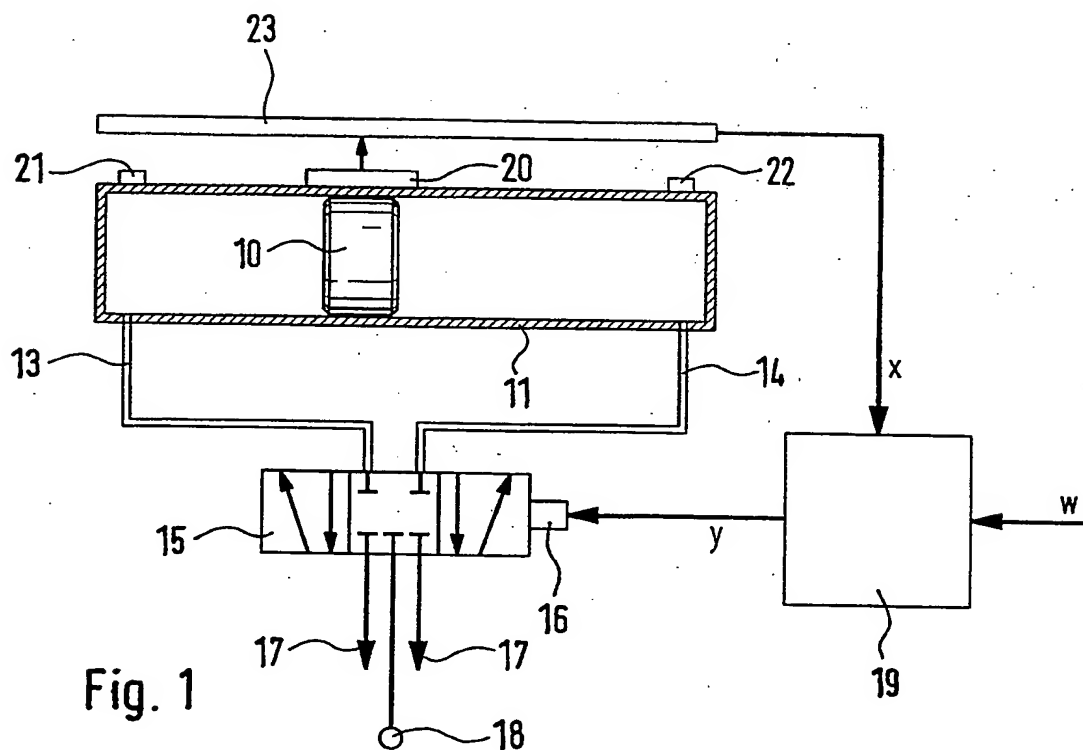


Fig. 1